

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-068400

(43) Date of publication of application : 16.03.2001

(51)Int.Cl. H01L 21/027  
G01N 21/33  
G03F 7/20

(21) Application number : 11-242352

(71)Applicant : NIKON CORP

(22) Date of filing : 27.08.1999

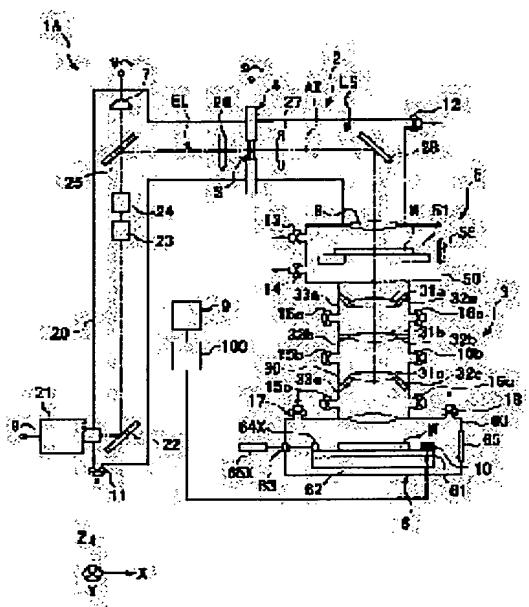
(72)Inventor : AOKI TAKASHI  
YAMATO SOICHI

(54) LIGHT ABSORBING SUBSTANCE DETECTING METHOD, AND EXPOSURE METHOD AND APPARATUS

(57) Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a light absorbing substance detecting method, and an exposure method and apparatus which can detect a concentration or the like of a light absorbing substance in a short time with a good efficiency and accuracy.

**SOLUTION:** An exposure apparatus IA includes an instrument 10 for measuring information about an intensity of exposure light EL passing through an optical space LS, a calculator 100 connected to the measuring device 10, and a controller 9 for controlling the exposure apparatus 1A on the basis of a calculated result of the calculator 100. The calculator 100 calculates a concentration of a light absorbing substance in the space LS on the basis of a calculated result of the measuring device 10, and the controller 9 judges whether or not to transfer an image of a pattern of a mask M onto a substrate W according to the concentration.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision]

decision of rejection]

[Date of extinction of right]



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 露光エネルギー発生源からの露光エネルギーのもとでマスクのパターンの像を基板に転写する際、前記露光エネルギー発生源と前記基板との間に形成される少なくとも1つの空間内で、前記露光エネルギーを吸収する吸光物質を検出する吸光物質検出方法において、

前記露光エネルギーの通過する空間に所定の光線を照射し、該空間を通過した前記所定の光線の強度に関する情報を計測し、この計測結果に基づいて前記空間内の吸光物質の濃度を検出することを特徴とする吸光物質検出方法。

【請求項2】 請求項1に記載の吸光物質検出方法において、

異なる光路で照射される複数の光線のそれぞれの強度に関する情報を計測し、この計測結果に基づいて前記空間内の吸光物質の分布を求めることが特徴とする吸光物質検出方法。

【請求項3】 請求項1又は2に記載の吸光物質検出方法において、

前記空間に前記光線として、波長域の異なる複数の光線を照射し、

前記それぞれの光線の強度に関する情報を計測し、この計測結果に基づいて前記空間に存在する複数の吸光物質のそれぞれの濃度を検出することを特徴とする吸光物質検出方法。

【請求項4】 請求項1～3のいずれかに記載の吸光物質検出方法において、前記光線として、前記露光エネルギーを用いることを特徴とする吸光物質検出方法。

【請求項5】 マスクに露光光を照明することにより該マスクに形成されたパターンの像を基板上に転写する露光方法において、

前記露光光の通過する光路空間に所定の光線を照射し、該光路空間を通過した前記所定の光線の強度に関する情報を計測し、この計測結果に基づいて前記光路空間内の吸光物質の濃度を検出し、前記転写状態を制御することを特徴とする露光方法。

【請求項6】 請求項5に記載の露光方法において、前記吸光物質の所定値以上の濃度を検出した場合、前記パターンの像の転写を停止するとともに、前記光路空間内における吸光物質の濃度を低減させる作業を行い、前記光路空間内における吸光物質の濃度が所定値以下になった後、

前記パターンの像の転写を開始することを特徴とする露光方法。

【請求項7】 請求項5に記載の露光方法において、前記パターンの像を転写中に前記強度に関する情報を計測することを特徴とする露光方法。

【請求項8】 マスクに露光光を照明することにより該マスクに形成されたパターンの像を基板上に転写する露

光装置において、

前記露光光の通過する光路空間へ所定の光線を照射する照射部と、

前記光路空間を通過した所定の光線の強度に関する情報を計測する計測器と、

この計測器の計測結果に基づき前記光路空間内の吸光物質の濃度を求める算出部と、

この算出部の算出結果に基づき前記転写状態を制御する制御系とを備えることを特徴とする露光装置。

10 【請求項9】 請求項8に記載の露光装置において、前記計測器は前記露光光の光路上の複数箇所に該光路に対して出入り可能に設けられることを特徴とする露光装置。

【請求項10】 請求項8又は9に記載の露光装置において、

前記制御系からの指示により駆動し且つ前記光路空間内の吸光物質の濃度を低減させるための吸光物質低減装置を備えることを特徴とする露光装置。

【発明の詳細な説明】

20 【0001】 【発明の属する技術分野】 本発明は、吸光物質検出方法、並びに露光方法及び装置に関する。

【0002】

【従来の技術】 従来より、半導体素子や薄膜磁気ヘッドあるいは液晶表示素子等をフォトリソグラフィ工程で製造する場合に種々の露光装置が使用されているが、フォトマスクあるいはレチクル（以下、「マスク」という）に形成されたパターンの像を、表面にフォトレジスト等の感光剤を塗布された基板上の各露光領域（ショット領域）に投影光学系を介して投影する露光装置が一般的に使用されている。

30 【0003】 このような露光装置において、基板上のショット領域に投影されるパターンの形状の微細化に伴い、使用される露光用照明光（以下、「露光光」という）は短波長化される傾向にある。すなわち、これまで主流だった水銀ランプに代わって、KrFエキシマレーザー（248nm）を用いた露光装置が使用されるようになり、さらに短波長のArFエキシマレーザー（193nm）を用いた露光装置が実用化されつつある。また、さらなるパターンの形状の微細化を目指してF2レーザー（157nm）を用いた露光装置の開発も進められている。

40 【0004】 ところで、露光光が約180nm以下といった真空紫外線光の場合、露光光の通過する空間である光路空間内に酸素分子、水分子、二酸化炭素分子などといった、かかる波長域の光に対し強い吸収特性を備える物質（以下、「吸光物質」という）が存在していると、露光光は減光され十分な強度で基板上に到達できない。したがって、真空紫外線光を用いた露光装置は、露光光の通過する光路空間の密閉性を高めて外部からの吸光物

質の流入を遮断するような構造となっているとともに露光に際し光路空間内に存在する吸光物質を低減させる作業を施される。

【0005】このように、真空紫外線光を用いた露光装置において、十分な光量を有する露光光でマスクのパターンの像を基板上に転写するために、光路空間内の吸光物質を低減させる作業が重要となる。この吸光物質を低減する方法には、光路空間内を真空に引いて減圧状態に維持する方法、真空に引いた後に露光光に対する吸収性の少ない特性を有する物質（例えば、ヘリウム、アルゴン、窒素などの不活性ガス）を充填する方法、真空引きせずに前記のような不活性ガスを光路空間内に供給して低減する方法、などが挙げられる。

#### 【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところで、上述のような吸光物質を低減させる場合、光路空間内の吸光物質の濃度を検出し、この濃度に応じて吸光物質を低減させる作業を行うことが効率的である。吸光物質の濃度を検出するにあたり、従来では、例えば化学反応を利用した濃度センサが用いられていた。しかしながら、このような濃度センサは、通常、十分な応答速度を有しておらず、短時間内に大きく変化する吸光物質濃度を正確に検出することが容易ではない。

【0007】また、光路空間内に存在する吸光物質の分布に偏りがある場合、光路空間内における露光光の吸収が不均一になって、基板上における露光領域内の照度分布が異なるといった問題が生じる。そのために、光路空間内の吸光物質の分布を検出し、この検出結果に基づいて分布の偏りを低減させる作業が有効となるが、従来では、光路空間における吸光物質の分布の偏りを検出するための有効な方法が無い。

【0008】さらに、光路空間内に存在する吸光物質の種類を検出する場合には質量分析計などが用いられるが、このような質量分析計は高価であるとともに分析にある程度の時間を必要とするので、作業性の低下及びコストの上昇を招くことになる。

【0009】本発明は、このような事情に鑑みてなされたもので、効率良く正確に短時間で吸光物質の濃度等を検出することができる吸光物質検出方法、並びにこれを備えた露光方法及び露光装置を提供することを目的とする。

#### 【0010】

【課題を解決するための手段】上記の課題を解決するため本発明は、実施の形態に示す図1～図10に対応付けた以下の構成を採用している。本発明の吸光物質検出方法は、露光エネルギー発生源（21）からの露光エネルギー（EL）のもとでマスク（M）のパターンの像を基板（W）に転写する際、前記露光エネルギー発生源（21）と前記基板（W）との間に形成される少なくとも1つの空間（LS）内で、前記露光エネルギー（EL）

を吸収する吸光物質を検出する吸光物質検出方法において、前記露光エネルギー（EL）の通過する空間（LS）に所定の光線（B、EL）を照射し、該空間（LS）を通過した前記所定の光線（B、EL）の強度に関する情報を計測し、この計測結果に基づいて前記空間（LS）内の吸光物質の濃度を検出することを特徴とする。

【0011】本発明によれば、空間（LS）内に照射される光線（B、EL）は、この空間（LS）内に存在する吸光物質の濃度に応じて吸収される。したがって、空間（LS）内の吸光物質の濃度は、空間（LS）を通過後の光線（B、EL）の強度に関する情報の計測結果に基づいて検出することができる。このとき、吸光物質の濃度の検出は、空間（LS）に光線（B、EL）を照射するとともにこの空間（LS）を通過後の光線（B、EL）の強度に関する情報に基づいて行われるので、短時間で効率良く行われる。ここで、光線（B、EL）の強度に関する情報とは、光線（B、EL）の照度（物体面上に単位面積あたりに照らされる光の量）、光線（B、EL）の光量（単位時間あたりに放射される光の量）を含む。

【0012】また、異なる光路で複数の光線（B）を照射するとともに、それぞれの光線（B）の強度に関する情報を計測することにより、この計測結果に基づいて前記空間内の吸光物質の分布を求めることができる。

【0013】前記空間（LS）に前記光線（B）として、波長域の異なる複数の光線（B）を照射し、前記それぞれの光線（B）の強度に関する情報を計測することにより、この計測結果に基づいて前記空間（LS）に存在する複数の吸光物質のそれぞれの濃度を検出することができる。

【0014】本発明の露光方法は、マスク（M）に露光光（EL）を照明することにより該マスク（M）に形成されたパターンの像を基板（W）上に転写する露光方法において、前記露光光（EL）の通過する光路空間（LS）に所定の光線（B、EL）を照射し、該光路空間（LS）を通過した前記所定の光線（B、EL）の強度に関する情報を計測し、この計測結果に基づいて前記光路空間（LS）内の吸光物質の濃度もしくは濃度分布を検出し、前記転写状態を制御することを特徴とする。

【0015】本発明によれば、光路空間（LS）内に照射される光線（B、EL）は、この光路空間（LS）内に存在する吸光物質の濃度に応じて減光される。したがって、光路空間（LS）内の吸光物質の濃度は、光路空間（LS）を通過後の光線（B、EL）の強度に関する情報を計測結果に基づいて検出することができる。このとき、吸光物質の濃度の検出は、光路空間（LS）に光線（B、EL）を照射するとともにこの光路空間（LS）を通過後の光線（B、EL）の強度に関する情報をに基づいて行われるので、短時間で効率良く行われる。こ

のように、吸光物質の濃度もしくは濃度不均一性は短時間で検出可能となるので、光路空間（L S）の状態を把握しつつ露光処理を行うことが可能である。したがって、生産性及び作業性は向上される。

【0016】上述のような露光方法は、マスク（M）に露光光（E L）を照明することにより該マスク（M）に形成されたパターンの像を基板（W）上に転写する露光装置において、前記露光光（E L）の通過する光路空間（L S）へ所定の光線（B、E L）を照射する照射部（21、90、200、300、400）と、前記光路空間（L S）を通過した所定の光線（B、E L）の強度に関する情報を計測する計測器（10、201、301、401）と、この計測器（10、201、301、401）の計測結果に基づき前記光路空間（L S）内の吸光物質の濃度を求める算出部（100）と、この算出部（100）の算出結果に基づき前記転写状態を制御する制御系（9）とを備えることを特徴とする露光装置によって行われる。

【0017】前記吸光物質の所定値以上の濃度もしくは濃度不均一性を検出した場合、前記パターンの像の転写を停止するとともに、前記光路空間（L S）内における吸光物質の濃度もしくは濃度不均一性を低減させる作業を行い、前記光路空間（L S）内における吸光物質の濃度もしくは濃度不均一性が所定値以下になった後、前記パターンの像の転写を開始することによって、パターンの像の転写は適切な状態で行うことができる。したがって、生産性及び作業性は向上される。

【0018】また、前記パターンの像を転写中に前記強度に関する情報を計測することも可能であり、生産性及び作業性は向上される。

【0019】前記計測器（10、201、301、401）を、前記露光光（E L）の光路上の複数箇所に該光路に対して出入り可能に設けることにより、各箇所における光線の強度に関する情報を計測することができるのと、その箇所における吸光物質の濃度や分布を独立して計測することができる。

【0020】前記制御系（9）からの指示により駆動し且つ前記光路空間（L S）内の吸光物質の濃度を低減させるための吸光物質低減装置（R）を備えることにより、吸光物質の所定値以上の濃度を検出した場合には、吸光物質の濃度を低減させる作業が行われる。したがって、適切な状態でパターンの像の転写が行われるので、生産性は向上される。

【0021】

【発明の実施の形態】《第1実施形態》以下、本発明の一実施形態による吸光物質検出方法、並びに露光方法及び装置を図面を参照しながら説明する。図1は、本発明の吸光物質の検出装置を備えた露光装置の第1実施形態を説明するための概略構成図である。この露光装置1Aは、真空紫外域の露光用照明光（露光光）E Lをマスク

Mに照明して、このマスクMのパターンの像を投影光学系3を介して基板（ウェーハ）W上に転写するものである。

【0022】図1において、露光装置1Aは、光源21からの光束をマスクMに照明する照明光学系2と、この照明光学系2内に配され露光光E Lを通過させる開口Sの面積を調整してこの露光光E LによるマスクMの照明範囲を規定するブラインド部4と、マスクMを収容するマスク室5と、露光光E Lで照明されたマスクMのパターンの像を基板W上に投影する投影光学系3と、基板Wを収容する基板室6と、基板Wに照射される露光光E Lの強度に関する情報を計測する計測器10と、計測器10に接続された算出部100と、露光装置1Aの動作全体を制御する制御部（制御系）9とを備えている。

【0023】なお、この場合の露光光（光線）の強度に関する情報とは、露光光（光線）の照度（物体面上に単位面積あたりに照らされる量）、露光光（光線）の光量（単位時間あたりに放射される量）を含む。本実施形態では、計測器10は露光光（光線）の照度を計測するものとする。

【0024】光源21は、波長約120nm～約180nmの真空紫外線光を照明光学系2に射出するものであって、例えば発振波長157nmのフッ素レーザー（F2レーザー）、発振波長146nmのクリプトンダイマーレーザー（Kr2レーザー）、発振波長126nmのアルゴンダイマーレーザー（Ar2レーザー）などによって構成される。なお、光源21として、発振波長193nmのArFレーザーエキシマーレーザー等を用いることが可能である。

【0025】照明光学系2は、光源21から射出し反射鏡22によって導かれた光束のうち露光に必要な波長のみを通過させる波長フィルタ23と、この波長フィルタ23を通過した光束をほぼ均一な照度分布の光束に調整して露光光E Lに変換するフライアイインテグレータ24（ロッドレンズタイプであってもよい）と、この露光光E Lの大部分（例えば97%）をレンズ系26を介してブラインド部4に導くとともに残りの部分（例えば3%）を光量モニター7に導くハーフミラー25と、ブラインド部4によって照明範囲を規定されレンズ系27を透過した露光光E LをマスクMに導く反射鏡28とを備えている。そして、これら各光学部材及びブラインド部4は、密閉空間である照明系ハウジング20の内部に所定位置関係で配置されている。この場合、ブラインド部4はマスクMのパターン面と共に面に配置されている。

【0026】光量モニター7は光電変換素子からなっており、ハーフミラー25によって導かれる露光光E Lの一部分を光電変換し、この光電変換信号を制御部9に供給するものである。制御部9は光源21の発光開始に伴って、光量モニター7の出力に基づいて所定の演算によ

り基板W上の積算露光量を連続的に算出し、所定の積算露光量（目標積算露光量）に達した時点で光源21の発光を停止するいわゆるオープン露光量制御を行うようになっている。すなわち、制御部9はこの光量モニター7からの情報に基づいて光源21を駆動・停止させるようになっており、これによって基板Wに対する露光量（露光光の照射量）が制御される。

【0027】なお、制御部9では、光量モニター7の出力に基づき光源21で発光されるパルスエネルギーをパルス発光毎に計測し、そのエネルギー変動を光源21にフィードバックすることで、光源21の時間当たりの発光量の変動を低減するようないわゆるパルス毎露光量制御を行ってもよい。

【0028】ブライント部4は、例えば、平面し字状に屈曲し露光光ELの光軸AXと直交する面内で組み合わせられることによって矩形状の開口Sを形成する一对のブレードと、これらブレードを制御部9の指示に基づいて光軸AXと直交する面内で変位させる遮光部変位装置とを備えている。このとき、開口Sの大きさはブレードの変位に伴って変化し、開口Sはフライアイインテグレータ24から入射される露光光ELのうち、通過させた露光光ELのみをレンズ系27に送る。開口Sにより規定された露光光ELは、レンズ系27を介してマスク室5に配されたマスクMの特定領域をほぼ均一な照度で照明する。

【0029】マスク室5は、マスクMを真空吸着によって保持するマスクホルダー51を備えている。このマスク室5は、照明系ハウジング20及び投影光学系3の投影系ハウジング30と隙間無く接合された隔壁50によって覆われている。また、隔壁50の側壁部にはマスクMを搬入・搬出するための開口部が設けられており、この開口部には開閉扉55が設けられている。開閉扉55を閉じることによって、マスク室5は密閉されるようになっている。マスク室5の隔壁50は、ステンレス(SUS)等の材質を用いて、研磨などの処理によって表面粗さを低減させることにより、脱ガスの発生が抑制されている。

【0030】また、マスクホルダー51は、マスクM上のパターンが形成された領域であるパターン領域に対応した開口を有し、不図示の駆動機構によりX方向、Y方向、θ方向(Z軸回りの回転方向)に微動可能となっており、これによって、パターン領域の中心が投影光学系3の光軸AXを通るようにマスクMの位置決めが可能な構成となっている。このマスクホルダー51の駆動機構は、例えば2組のボイスコイルモータを用いて構成される。

【0031】マスク室5の隔壁50の天井部には、照明系ハウジング20の内部空間と、マスクMが配置されるマスク室5の内部空間とを分離するように透過窓8が配置されている。この透過窓8は、照明光学系2からマス

クMに照明される露光光ELの光路上に配置されるため、真空紫外線光である露光光ELに対して透過性の高い蛍石等の結晶材料によって形成される。

【0032】投影光学系3は、開口Sによって規定されたマスクMの露光光ELによる照明範囲に存在するパターンの像を基板Wに結像させ、基板Wの特定領域（ショット領域）にパターンの像を露光するものである。この投影光学系3は、蛍石、フッ化リチウム等のフッ化物結晶からなるレンズや反射鏡などの複数（図では3つ）の光学部材31a、31b、31cを投影系ハウジング30で密閉したものである。本実施形態では、この投影光学系3として、投影倍率が例えば1/4あるいは1/5の縮小光学系が用いられている。このため、マスクMに形成されたパターンは投影光学系3により基板W上のショット領域に縮小投影され、基板W上にはパターンの縮小像が転写形成される。

【0033】投影光学系3の各光学部材31a、31b、31cは、それぞれ保持部材32a、32b、32cを介して投影系ハウジング30に支持されている。各保持部材32a、32b、32cは、各光学部材31a、31b、31cの周縁部を保持するように円環状に設けられる。そして、各光学部材31a、31b、31c及びマスク室5の隔壁50のそれぞの間には、密閉された空間33a、33b、33cが形成されている。このとき、保持部材32a、32b、32cはガス溜まりを生じないように光軸AXに対して傾斜されたり、各光学部材31a、31b、31cの表面と保持部材32a、32b、32cの表面とがほぼ一致するように構成される。したがって、各空間33a、33b、33c内部において、ガスは円滑に流れようになっている。

【0034】基板室6は、基板Wを真空吸着することによって保持するための基板ホルダー61を備えている。この基板室6は、投影系ハウジング30と隙間無く接合された隔壁60によって覆われている。また、隔壁60の側壁部には基板Wを搬入・搬出するための開口部が設けられており、この開口部には開閉扉65が設けられている。開閉扉65を閉じることによって、基板室6は密閉されるようになっている。基板室6の隔壁60は、ステンレス(SUS)等の材質を用いて、研磨などの処理によって表面粗さを低減させることにより、脱ガスの発生が抑制されている。

【0035】基板ホルダー61は、基板ステージ62に支持されている。基板ステージ62は、互いに直交する方向へ移動可能な一对のブロックを重ね合わせたものであって、X-Y平面に沿った水平方向に移動可能となっている。あるいは、例えば磁気浮上型の2次元リニアモータ（平面モータ）等からなるウェーハ駆動系（図示略）によってベースの上面に沿って且つ非接触でX-Y面内で自在に駆動されるようになっている。すなわち、この基板ステージ62に固定された基板Wは、X-Y平

面に沿った水平方向に（投影光学系3の光軸AXに対しても垂直な方向に）移動可能に支持されている。

【0036】また、基板ステージ62の位置はレーザ干渉計システムによって調整されるようになっている。これを詳述すると、基板室6の隔壁60の-X側の側壁には光透過窓63が設けられている。これと同様に、隔壁60の+Y側（図1中における紙面奥側）の側壁にも光透過窓が設けられている。これらの光透過窓は、隔壁60に形成された窓部（開口部）にこの窓部を閉塞する光透過部材、ここでは一般的な光学ガラスを取り付けることによって構成されている。この場合、光透過窓63を構成する光透過部材の取り付け部分からのガス漏れが生じないように、取り付け部には、インジウムや銅等の金属シールや、フッ素系樹脂による封止（シーリング）が施されている。

【0037】基板ホルダー61の-X側の端部には、平面鏡からなるX移動鏡64XがY方向に延設されている。このX移動鏡64Xにほぼ垂直に基板室6の外部に配置されたX軸レーザー干渉計65Xからの測長ビームが光透過窓63を介して投射され、その反射光が光透過窓63を介してX軸レーザー干渉計65X内部のディテクタによって受光され、X軸レーザー干渉計65X内部の参照鏡の位置を基準としてX移動鏡64Xの位置、すなわち基板WのX位置が検出されるようになっている。

【0038】同様に、図示は省略されているが、基板ホルダー61の+Y側の端部には、平面鏡からなるY移動鏡がY方向に延設されている。そして、このY移動鏡を介してY軸レーザー干渉計によって上記と同様にしてY移動鏡の位置、すなわち基板WのY位置が検出される。X軸及びY軸それぞれのレーザー干渉計の検出値（計測値）は制御部9に供給され、制御部9は、各ショット領域間のステッピング時などにこれらのレーザー干渉計の検出値をモニターしつつ基板ステージ62の位置制御を行うようになっている。

【0039】このとき、X、Y軸の各レーザー干渉計、すなわちレーザー光源やプリズム等の光学部材及びディテクタなどは基板室6の外部に配置されているので、レーザー干渉計を構成するディテクタ等から仮に微量の吸光物質が発生しても、これが露光に対して悪影響を及ぼすことがない構成となっている。

【0040】すなわち、本実施形態の露光装置1Aにおいては、制御部9により基板W上の各ショット領域を露光位置に順次位置決めするように基板ステージ62を移動するショット間ステッピング動作と、その位置決め状態で露光光ELをマスクMに照明してマスクMに形成されたパターンの像を基板W上のショット領域に転写する露光動作とが繰り返し行われるようになっている。

【0041】基板ホルダー61には、基板Wの載置位置と異なる位置に、基板Wに照射される露光光ELの照射量を計測するための計測器10が設けられている。この

計測器10は、例えばフォトダイオードやフォトトランジスタ、あるいはCCDイメージセンサなどの一般的な光センサによって構成される。

【0042】この計測器10は、露光に先立ち、基板ステージ62によって、投影光学系3からの露光光に対応する露光領域の下に配置されるように位置決めされる。すなわち、計測器10は基板ホルダー61に保持される基板Wの面とほぼ同一な面に受光面をほぼ一致させる。さらに、計測器10は基板ステージ62によって水平方向（X-Y方向）に走査可能に設けられている。したがってこの場合、基板Wの露光面上に照射されるべき露光光ELの強度（照度）は計測器10によって2次元的に計測される。

【0043】すなわち、計測器10を基板ステージ62によって、投影光学系3による投影領域内を走査させることによって、投影領域の各位置における露光光ELの強度が求められる。したがって、投影領域の各位置に対応する吸光物質の濃度が求められるので、この範囲における吸光物質の分布を求めることができる。この計測器20によって検出された吸光物質の分布は、照度データとして算出部100に送出されるようになっている。さらに、算出部100による算出結果は、制御部9に送出されるようになっている。

【0044】照明光学系2の照明系ハウジング20とマスク室5と投影光学系3の投影系ハウジング30と基板室6とのそれぞれに形成された内部空間（密閉空間）は、外部とのガスの出入りを遮断され、且つ光源21から射出され基板Wに照射される露光光ELの光路空間LSとなる。

【0045】ところで、真空紫外域の波長の光を露光光ELとする場合には、その光路空間LSから酸素、水蒸気、炭化水素系のガス等の、かかる波長帯域の光に対し強い吸収特性を有するガス（以下、「吸光物質」という）の濃度を低減させる必要がある。このため、光路空間LSは、図2に示す吸光物質低減装置Rにより、必要に応じて内部に存在する吸光物質の濃度を低減させる作業を施される。このとき、光路空間LSは真空紫外域の光に対する吸収性の少ない特性を有する窒素、ヘリウム、アルゴン、ネオン、クリプトン等のガス、またはそれらの混合ガス（以下、「低吸光物質」あるいは「特定ガス」という）を満たされる。

【0046】すなわち、光路空間LSに存在する吸光物質は特定ガスに交換（置換）されることによって低減される。また、光路空間LS内の吸光物質を低減させる方法として、上述した光路空間LS内のガスを特定ガスで置換する他に、排気減圧によっても実現することができ、ガス置換と同様の効果が得られる。

【0047】ここで、吸光物質低減装置Rについて図1及び図2を参照して説明する。吸光物質低減装置Rは、50 照明系ハウジング20、マスク室5、投影系ハウジング

30、基板室6からなる光路空間LS内部に存在する吸光物質の濃度を低減させるものである。この吸光物質低減装置Rは、低吸光物質（特定ガス）を収容するとともに給気管路及び排気管路によって光路空間LSに接続されるガス供給装置70と、給気管路に設けられ制御部9の指示によりガス供給装置70に収容された特定ガスを給気管路を介して光路空間LSに送るポンプと、給気管路に設けられ制御部9の指示により開閉することによって光路空間LSに供給される特定ガスの量を調整する給気弁と、排気管路に設けられ光路空間LSからガス供給装置70に排出されるガスの量を調整する排気弁とを備えている。

【0048】このとき、照明系ハウジング20、マスク室5、投影系ハウジング30、基板室6の各空間のそれぞれの吸光物質の濃度は、吸光物質低減装置Rによってそれぞれ独立して低減されるように設けられている。

【0049】例えば、照明系ハウジング20内部の吸光物質を低減させる場合には、照明系ハウジング20の光源21側の一端側に設けられた給気弁11と、その給気弁11から最も遠い他端側に設けられた排気弁12と、ポンプP1とが用いられる。図2に示すように、ガス供給装置70の内部は第1室から第6室までの6つの部屋に区画されており、各部屋の内部には同一種類の低吸光物質（特定ガス）が充填されている。また、ガス供給装置70の各部屋に収容された特定ガスは不図示の温度調整装置により所定の目標温度に制御されている。このとき、給気弁11は給気管路を介してガス供給装置70の第1室の一端に接続され、排気弁12は排気管路を介してガス供給装置70の第1室の他端に接続されている。

【0050】排気弁12が設けられている排気管路には、HEPAフィルタ（High Efficiency Particulate Air Filter）あるいはULPAフィルタ（Ultra Low Penetration Air Filter）等の塵（パーティクル）を除去するフィルタ（以下、「エアフィルタ」という）AF11と、前述した酸素等の吸光物質を除去するケミカルフィルタCF11とが配置されている。同様に、給気弁11が設けられている給気管路には、エアフィルタAF12、ケミカルフィルタCF12が配置されているとともに、ポンプP1が設けられている。

【0051】給気弁11、排気弁12及びポンプP1は制御部9に接続されており、照明系ハウジング20内のガス置換を行うときには、制御部9は給気弁11及び排気弁12を開くとともにポンプP1を作動させる。これにより、ガス供給装置70に収容されている特定ガスは給気管路を介して照明系ハウジング20内部に送り込まれるとともに、照明系ハウジング20内部のガスは排気弁12を介して排気され、排気管路を介してガス供給装置70に戻されるようになっている。

【0052】排気弁12を介して排気されるガス中には、多少の不純物（パーティクル及び吸光物質を含む）

が含まれているが、排気管路に設けられたエアフィルタAF11とケミカルフィルタCF11とによって、排気管路を介してガス供給装置70に戻るガス中の不純物はほとんど除去されるようになっている。一方、ガス供給装置70から給気管路を介して照明系ハウジング20内部に供給される特定ガス中の不純物は、給気管路に設けられたエアフィルタAF12及びケミカルフィルタCF12除去されるようになっている。したがって、特定ガスを長時間に渡って循環使用しても、露光に対する悪影響はほとんど生じないようになっている。

【0053】マスク室5内部の吸光物質を低減させる場合には、マスク室5の隔壁50に設けられた給気弁13及び排気弁14と、ポンプP2とが用いられる。図2に示すように、給気弁13は給気管路を介してガス供給装置70の第2室の一端に接続され、排気弁14は排気管路を介してガス供給装置70の第2室の他端に接続されている。この場合、排気弁14が設けられた排気管路には、エアフィルタAF21、ケミカルフィルタCF21が設けられている。一方、給気弁13が設けられた給気管路には、パーティクルを除去するエアフィルタAF22、ケミカルフィルタCF22及びポンプP2が設けられている。給気弁13、排気弁14、及びポンプP2は、制御部9に接続されている。制御部9は、前述した照明系ハウジング20内部のガス置換と同様の手順で、給気弁13、排気弁14の開閉及びポンプP2の作動・停止を行って、マスク室5のガス置換を行うようになっている。

【0054】投影光学系3の投影系ハウジング30内部の吸光物質を低減させる場合には、投影系ハウジング30に設けられた給気弁15a、15b、15c及び排気弁16a、16b、16cと、ポンプP3、P4、P5とが用いられる。このとき、給気弁15a、15b、15c及び排気弁16a、16b、16cは、投影光学系3の投影系ハウジング30に形成された空間33a、33b、33cに対応するように設けられている。すなわち、給気弁、排気弁及びポンプは、ガス置換を行うべき空間に対してそれぞれ個別に設けられている。

【0055】図2に示すように、それぞれの給気弁15a、15b、15cは給気管路を介してガス供給装置70の第3、4、5室のそれぞれの一端に接続され、排気弁16a、16b、16cは排気管路を介してガス供給装置70の第3、4、5室のそれぞれの他端に接続されている。この場合、排気弁16a、16b、16cが設けられた排気管路には、パーティクルを除去するエアフィルタAF31、AF41、AF51と酸素等の吸光物質を除去するケミカルフィルタCF31、CF41、CF51とが設けられている。また、給気弁15a、15b、15cが設けられた給気管路には、エアフィルタAF32、AF42、AF52、ケミカルフィルタCF32、CF42、CF52及びポンプP3、P4、P5が

設けられている。これら給気弁15a、15b、15c、排気弁16a、16b、16c、及びポンプP3、P4、P5は制御部9に接続されている。制御部9は、前述した照明系ハウジング20内部のガス置換と同様の手順で、給気弁15a、15b、15c、排気弁16a、16b、16cの開閉及びポンプP3、P4、P5の作動・停止を行って、投影光学系3の投影系ハウジング30内部のガス置換を行うようになっている。

【0056】基板室6内部の吸光物質を低減させる場合には、基板室6の隔壁60に設けられた給気弁17及び排気弁18と、ポンプP6とが用いられる。図2に示すように、給気弁17は給気管路を介してガス供給装置70の第6室の一端に接続され、排気弁18は排気管路を介してガス供給装置70の第6室の他端に接続されている。この場合、排気弁18が設けられた排気管路にはパーティクルを除去するエアフィルタAF61と吸光物質を除去するケミカルフィルタCF61とが設けられている。一方、給気弁17が設けられた給気管路にはエアフィルタAF62、ケミカルフィルタCF62及びポンプP6が設けられている。給気弁17、排気弁18、及びポンプP6は制御部9に接続されている。制御部9では、前述した照明系ハウジング20内部のガス置換と同様の手順で、給気弁17、排気弁18の開閉及びポンプP6の作動・停止を行って、基板室6内部のガス置換を行うようになっている。

【0057】このように、各室50、33a、33b、33c、60の給気管路及び排気管路中のエアフィルタ及びケミカルフィルタの存在により、循環されるガス中の上記不純物はほとんど除去されるので、特定ガスを長時間に渡って循環しても、露光に対して悪影響をほとんど及ぼさないようになっている。なお、エアフィルタ、ケミカルフィルタは、いずれも十分な吸光物質除去能力があれば、单一のものを共用してもよい。

【0058】以上のような構成を持つ露光装置1Aを用いて、光路空間LSの吸光物質を検出する方法、マスクMに形成されたパターンの像を基板W上に転写する方法について説明する。

【0059】マスクMのマスク室5に対する搬入・搬出や、基板Wの基板室6に対する搬入・搬出などによって、光路空間LS（すなわち、照明系ハウジング20、マスク室5、投影系ハウジング30、基板室6）には酸素等の吸光物質が存在するようになる。したがって、この吸光物質による露光光の吸收を避けるために、露光に先立ち、上述した吸光物質低減装置Rによって光路空間LSに存在する吸光物質を低減させる作業を行う。

【0060】なお、光路空間LSに存在する吸光物質の低減を行っている間、もしくは光路空間LS内に吸光物質の濃度が所定値以下に到達した時点で、各光路空間LS内の圧力を大気圧よりわずかに高く設定する。このように、光路空間LS内の内圧を高めて設定するのは、各

光路空間LS内への外部の外気の混入を防止するためである。その際、内圧は大気圧に対し1～10%程度高く設定することが望ましい。

【0061】露光に先立って吸光物質を低減させる作業が行われたら、光路空間LS内部の吸光物質の濃度を検出するため、計測器10を投影光学系3の露光領域内（結像面）に移動させる。そして、計測器10は、光源21から射出された露光光ELの強度（照度）を計測する。計測器10からの計測信号は計測器10に接続された算出部100に送出される。なお、ブラインド部4における開口Sを最大開口に設定することにより、吸光物質の濃度分布を計測することが可能となる。

【0062】光路空間LSに吸光物質が存在していると、真空紫外線光である露光光ELは吸光物質によって吸光される。したがって、光路空間LSに存在する吸光物質の濃度が高いほど、計測器10に達する露光光ELの強度は減衰される。計測器10は光路空間LSに存在する吸光物質の濃度に応じた計測信号を算出部100に送出する。

【0063】算出部100は、計測器10の計測信号に基づき光路空間LS内の吸光物質の濃度を算出する。算出部100には、吸光物質の濃度を任意に変化させたときの、基板W面上における露光光ELの強度に関する複数のデータが予め記憶されている。すなわち、算出部100には所定状態の光路空間LSを通過後の露光光ELの強度が記憶されている。算出部100は、この複数のデータ（データテーブル）と、計測器10によって検出された露光光ELの強度とを比較することによって、そのときの吸光物質の濃度を算出する。

【0064】このように、算出部100には、予め実験的に求められた、所定状態における空間内の吸光物質の濃度とこの空間を通過した露光光の強度との関係が記憶されている。なお、この関係には光学部材（光学レンズ）の透過率の情報も考慮されていることはもちろんである。

【0065】算出部100は、上述のようなデータテーブルを参照しつつ、計測器10の計測結果に基づいてそのときの吸光物質の濃度を算出する。算出部100の算出結果は制御部9に送出される。制御部9には、マスクMのパターンの像を基板Wに正常に転写できる状態の吸光物質の濃度の情報が記憶されており、制御部9はこの情報と算出部100の算出結果とを比較する。すなわち、基板Wに対するマスクMのパターンの像の転写を正常に行うことができる吸光物質の濃度と基板Wに導かれる露光光の強度（照度分布を含む）データとの関係は予め求められており、制御部9はこの関係に基づいて、マスクMのパターンの像の基板Wへの転写状態を制御する。

【0066】さらに具体的に言うと、制御部9には吸光物質の濃度を任意に変化させたときの基板Wに導かれる

露光光E Lの強度データに関する複数のデータが記憶されており、制御部9は、この複数のデータ（データテーブル）に基づいて、データテーブルと算出部100によって検出された吸光物質の濃度とを比較することによって、適正な転写を行えるか否かを判断する。このように、制御部9には、実験的に求められた、吸光物質の所定の濃度とこのときの基板Wに導かれる露光光の強度データとの関係が予め記憶されている。

【0067】なお、制御部9が適正な転写を行えると判断する状態とは、光路空間LSの吸光物質の濃度が、マスクMに形成されたパターンの像を基板Wに転写した際に、所望の転写精度が得られる状態を指す。

【0068】つまり、吸光物質の濃度が所定値以下（すなわち、検出した濃度が正常な転写が可能な濃度範囲内）であるという算出部100の算出結果を得た場合、制御部9は適正な転写を行える状態であると判断とともに転写を行う判断をする。

【0069】一方、吸光物質の濃度が所定値以上（すなわち、検出した濃度が正常な転写ができない濃度範囲内）であるという算出部100の算出結果を得た場合、制御部9は適正な転写を行えない状態であると判断とともに転写を行わない判断をする。このとき、制御部9は吸光物質低減装置Rによって前述と同様の手順で光路空間LSの吸光物質の濃度を低減させる作業を維持する。そして、この作業を行っている間、露光光E Lの強度を計測器10によって計測し、この計測結果に基づいて光路空間LSの吸光物質の濃度を検出する。この検出結果の濃度が所定値以下になったとき、制御部9は転写を行える状態であると判断する。

【0070】なお、制御部9は、適正な転写を行えるか否かの判断に応じて、光源21から射出される露光光E Lのオンオフを制御してもよい。この場合の露光光E Lのオンオフは、光源21の駆動・停止によって実現されるが、ブラインド部4の調整によっても可能である。

【0071】以上のように、光路空間LSに露光光E Lを照射し、この光路空間LSを通過した露光光E Lの強度に関する情報を計測することにより、この計測結果に基づいて光路空間LS内の吸光物質の濃度は短時間で効率良く検出される。したがって、基板WへのマスクMのパターンの像の転写は効率良く行われるので、生産性は向上される。

【0072】吸光物質の濃度は短時間で検出されるので、吸光物質を低減させる作業は効率良く行える。すなわち、吸光物質を低減させる作業はある程度の時間を必要とするが、吸光物質の濃度は短時間で把握できるのでこの濃度に応じた作業を行えばよい。つまり、過剰な作業が防止されるので、作業性は向上される。

【0073】また、吸光物質の濃度検出用光線として露光光E Lを用いることにより、吸光による転写への影響を直接且つ正確に把握することができる。

【0074】計測器10を2次元的光学情報を検出可能なCCDイメージセンサなどによって構成することにより、計測器10を走査させることなく2次元的な露光光E Lの強度分布が求められるので、吸光物質の濃度及び分布が求められる。

【0075】吸光物質の分布が偏っている場合には、吸光物質低減装置Rによって光路空間E L内のガスをフローさせる等により、吸光物質の分布は均一化される。

【0076】この露光光E Lを用いた吸光物質の濃度の検出は、基板Wの交換時にを行うことによって、効率良く行われる。すなわち、露光光E Lを用いた吸光物質の濃度の検出は、基板W上へのマスクMのパターンの像の非転写時に行われる。

【0077】制御部9は、吸光物質の濃度によって転写を行うか否かを判断する他に、基板Wに転写されたパターンの像の形状が適正か否かを判断することができる。この場合、基板Wに形成されたパターンの形状を計測するための形状計測機（線幅計測機）を設け、この形状計測機の計測結果に基づいて、制御部9は適正な転写状態か否かを判断してもよい。

【0078】《第2実施形態》次に、図3を用いて本発明の第2実施形態について説明する。図3は、本発明の第2実施形態に関する露光装置1Bを説明するための概略構成図であり、第1実施形態における露光装置1Aと同様の箇所については説明を省略し、第2実施形態の特徴部分について説明する。

【0079】この場合、露光装置1Bは、マスク室5内に配され、この露光光E Lの一部分を通過前計測器80に導くハーフミラー52を備えている。このハーフミラー52は、マスク室5内部においてマスクホルダー51の露光光E Lの光路方向下流側に設けられており、露光光E Lの大部分を投影光学系3側に導くとともに残りの部分を光の強度を計測可能な通過前計測器80に導く。そして、通過前計測器80は投影光学系3を通過する前の露光光E Lの強度に関する情報を計測するようになっている。

【0080】このような構成を持つ露光装置1Bを用いて、光路空間LSの吸光物質を検出する方法、マスクMに形成されたパターンの像を基板W上に転写する方法について説明する。

【0081】第1実施形態同様、基板Wに対するマスクMに形成されたパターンの像の転写に先立ち、吸光物質低減装置Rを用いて、光路空間LS内の吸光物質を低減させる作業を行う間、又は行った後、吸光物質の濃度を計測するために光源21を駆動して露光光E Lを光路空間LSに通過させる。

【0082】そして、投影光学系3の投影系ハウジング30内に照射される露光光E Lのうち、投影光学系3を通過前の露光光E Lの強度に関する情報と通過後の露光光E Lの強度に関する情報を、それぞれ通過前計測器

80と計測器10とによって計測する。

【0083】計測器10及び通過前計測器80の計測信号は算出部100に送出される。このとき、通過前計測器80にはハーフミラー52の作用によって露光光ELの一部分が照射されるが、算出部100は通過前計測器80の計測結果と予め分かっているハーフミラー52の特性とに基づいて、ハーフミラー52の位置（つまり投影光学系3への露光光ELの入射位置）における100%の露光光ELの値を求める。同様に、算出部100は計測器10の計測結果とハーフミラー52の特性とに基づいて、投影光学系3を通過後の位置における100%の露光光ELの値を求める。

【0084】計測器10及び通過前計測器80に計測される光線は真空紫外線光からなる露光光ELであり、吸光物質によって吸光される。したがって、この場合、投影光学系3の投影系ハウジング30に存在する吸光物質の濃度が高いほど、計測器10に達する露光光ELの強度は減衰される。

【0085】算出部100は、これら各計測器に計測される投影光学系3の入射位置における露光光ELの強度と投影光学系3を通過後の強度とを比較する（例えば、強度の差を求める）ことによって、投影光学系3内の吸光物質の濃度を求める。強度の比較により、投影光学系3を通過した露光光ELの強度がどのくらい減衰したかを求めることができる。

【0086】一方、算出部100には吸光物質の濃度とこの吸光物質の存在する空間を通過する露光光ELの強度（照度）との関係が記憶されている。したがって、算出部100はこの関係と投影光学系3を通過する露光光ELの入射位置と通過後位置における強度の差とに基づいて投影系ハウジング30内の吸光物質の濃度を算出する。

【0087】このとき、算出部100に記憶されている関係は実験的に求めて得られたデータ（データテーブル）である。算出部100は上述のようなデータテーブルを参照しつつ、各計測器80、10の計測結果に基づいてそのときの投影光学系3の吸光物質の濃度を算出する。

【0088】制御部9は、算出部100の算出結果に基づき、投影光学系3が適正に転写を行えるか否かを判断し、適正であると判断した場合には転写を行い、不適正であると判断した場合には吸光物質低減装置Rによって投影光学系3内の吸光物質の濃度を低減させる作業を維持する。

【0089】このように、投影系ハウジング30内での吸光による露光光ELの強度低下分のみを検出することができるので、吸光物質の濃度の検出はより高精度に行われる。

【0090】一方、本実施形態においては、吸光物質の濃度は投影光学系3において検出されるが、光路空間L

Sの任意の範囲内で検出可能である。例えば、照明系ハウジング20内部の吸光物質の濃度を検出したい場合には、通過前計測器80及びこの通過前計測器80に露光光ELを導くハーフミラー52をライアイインテグレータ24の下流側に設置し、照射系ハウジング20を通過した露光光ELを計測する計測器10をマスク室5の上流側に設けることができる。例えば、光量モニター7が通過前計測器80を兼用してもよい。なお、この場合の濃度検出は、基板W上へのパターンの非転写時に行われる。

【0091】《第3実施形態》次に、図4を用いて本発明の第3実施形態について説明する。図4に示す露光装置1Cは第2実施形態の変形例であり、露光光ELの通過する光路空間LSに露光光ELとは別の光線Bを照射する照射部90を備える構成である。

【0092】照射部90は光路空間LSにおける吸光物質の濃度を検出するための光線Bを射出するものであって、例えば、重水素ランプやエキシマランプなどによって構成される。光線Bは吸光物質に吸光されるものであって、例えば真空紫外線光である。なお、照射部90は、光源21に置き換えて配置してもよいし、光源21と並列に配置し、光源21と照射部90とを光路切換えミラーで切換えるようにしてもよい。

【0093】照射部90から照射される光線Bは露光ELの光軸AXと平行に照射されるようになっており、その大部分はマスク室5及びマスク室5に設けられたハーフミラー52、投影光学系3を通過して、基板室6の計測器10に達する。一方、照射部90から照射される光線Bの一部分は、ハーフミラー52によって通過前計測器80に導かれる。本実施形態における光線Bを用いた吸光物質の濃度検出は、基板W上へのパターンの非転写時に行われる。

【0094】なお、第1～第3実施形態において、露光光ELあるいは光線Bの強度を計測するための計測器は、露光光ELの光路上に複数配置させることが可能である。この場合、各計測器は露光光ELの光路に対して、駆動機構及びガイド軸を備えた計測器移動機構（不図示）によって出入り可能に設けられる。つまり、吸光物質の濃度を検出する場合には、基板Wへのパターンの非転写時においてこれら計測器が露光光ELの光路上に移動し、この状態で光線B（または露光EL）が射出される。

【0095】また、計測器を光線B（あるいは露光EL）の光路に出入り可能に設けることにより、例えば第2、3実施形態に示したようなハーフミラー52がなくても光線B（露光EL）の強度は検出可能となる。

【0096】露光光ELの光路上、あるいは基板W上に相当する位置に計測器を設置する場合には、制御部9は基板Wの交換時において計測器を所定の位置に設置し、光線の強度計測を行う。このとき、作業性及び生産性は

向上される。

【0097】ところで、計測器を露光光ELの光路上に配置させるに際し、駆動機構及びガイド軸を備えた計測器移動機構を用いる場合について説明したが、透過型照度計を用いることにより計測器移動機構は不要となる。すなわち、吸光物質の濃度検出を露光光ELあるいはこの露光光ELの光軸AXに平行な光線Bを用いて行う場合、例えば投影光学系3の各光学部材31a～31cのそれぞれに透過型照度計を設置する。この透過型照度計とは、光学部材中でわずかに吸収される光のエネルギーを温度上昇として、もしくは、その光音響効果として測定する照度計である。この透過型照度計を用いて吸光物質の濃度の検出を行う場合には、マスクMのパターンの像を基板Wに対して転写する要領で露光光ELを照射する。投影系ハウジング30に入射した露光光ELは、各光学部材31a～31cに設けられた透過型照度計によってそれぞれの位置における照度を検出される。そして、これら各透過型照度計の計測結果に基づいて、各光学部材31a～31cにおける吸光物質の濃度、あるいは、各光学部材の間の空間33a～33c内の吸光物質の濃度が検出される。

【0098】この場合、各空間33a～33cにおけるそれぞれの吸光物質の濃度が独立して検出可能なので、所定値以上の吸光物質の濃度又は分布を有している空間に対してのみ吸光物質を低減させる作業を行えば良く、迅速且つ適正な環境を実現することができ、作業性・生産性は向上される。

【0099】《第4実施形態》次に、図5、図6を用いて本発明の第4実施形態について説明する。図5、6は、本発明の第4実施形態に關わる露光装置1Dを説明するための概略構成図であり、第1実施形態における露光装置1Aと同様の箇所については説明を省略し、第4実施形態の特徴部分について説明する。

【0100】この場合、露光装置1Dは、投影光学系3の投影系ハウジング30外部に配されこの投影光学系3を通過する露光光ELの光路を横断するように光線Bを照射する照射部200と、投影光学系3の光軸AXを挟んで照射部200の対向する位置に設けられ、投影系ハウジング30を通過後の光線Bの強度（照度）を検出する計測器201とを備えている。このとき、光線Bの照射面積（光束の太さ）は任意に設定可能となっている。

【0101】照射部200から射出される光線Bは、光路空間LSにおける吸光物質の濃度を検出するためのものであって、例えば真空紫外線光からなる。図5において、照射部200から射出された光線Bの大部分は、ハーフミラー203を透過した後、投影光学系3の空間（レンズ室）33bを通過し、反射ミラー204によって計測器201に導かれる。計測器201は空間33bを通過した光線Bの強度を検出する。

【0102】一方、光線Bの一部は投影光学系3の入

射位置に設けられたハーフミラー203によって透過前計測器202に導かれる。すなわち、照射部200から射出される光線Bの強度は光路空間LSの入射位置と光路空間LSを通過後の位置とでそれぞれ検出される。

【0103】なお、投影系ハウジング30において光線Bが入射される部分及び出射される部分には、この光線Bを透過可能な光透過窓が設けられている。このとき、光透過窓を構成する光透過部材の取り付け部分からのガス漏れが生じないように、取り付け部にはインジウムや銅等の金属シールやフッ素系樹脂による封止（シーリング）が施されている。

【0104】このような構成において、光路空間LSの吸光物質を検出する方法、及びマスクMに形成されたパターンの像を基板W上に転写する方法について説明する。

【0105】マスクMに形成されたパターンの像を基板Wに転写するに先立ち、吸光物質低減装置Rを用いて空間33b（光路空間LS）内の吸光物質を低減させる作業を行う。この作業を終えたら、吸光物質の濃度検出のために照射部200から光線Bが空間33bに向かって照射される。

【0106】露光光ELの光路である空間33bを横断するように照射される光線Bのうち、空間33bを通過する前の強度と空間33bを通過後の強度とが、通過前計測器202と計測器201とによって計測される。計測器201及び通過前計測器202の計測信号は算出部100に送出される。算出部100は計測器201及び通過前計測器202の計測信号に基づき、前記実施形態と同様の手順で、光線Bの通過する空間33b内の吸光物質の濃度を算出する。

【0107】算出部100は算出結果を制御部9に送出する。制御部9は、算出結果に基づいて適正な転写を行えるか否かを判断する。すなわち、制御部9は、光路空間LSのうち空間33bの吸光物質の濃度が適正範囲内にあるか否かを判断することによって、光路空間LS（露光装置1D全体）が適正な転写を行える状態であるか否かを判断する。

【0108】一方、吸光物質の濃度が所定値以上、すなわち適正な転写を行えない状態であると判断された場合、制御部9は吸光物質低減装置Rを駆動し、空間33bの吸光物質を低減させる作業を維持する。そして、所定時間経過後、制御部9は光線Bを空間33bに向かって再び照射し、空間33bの吸光物質の濃度検出を行う。そして、制御部9によって、吸光物質の濃度が所定値以下になり、適正な転写を行える状態であるか否かを判断する。

【0109】この場合、吸光物質低減装置Rを駆動しながら空間33bに光線Bを照射することもできる。すなわち、空間33bの吸光物質の濃度を検出しつつ吸光物質を低減させる作業を行うことができる。この場合、吸

光物質低減装置Rの駆動は、制御部9によって吸光物質の濃度が所定値以下と判断されるまで継続される。

【0110】ところで、光線Bを露光光ELの光路を横断するように照射することによって吸光物質の検出をパターンの像の転写と同時にを行うことができる。すなわち、本実施形態においては、マスクMのパターンの像を基板Wに転写中に光線Bの強度に関する情報を計測することが可能である。

【0111】この場合、例えばパターンの像の転写中に空間33bの吸光物質の濃度が上昇し適正な転写を行えないと判断された場合、制御部9は光源21を停止させることによって基板Wに対するパターンの像の転写を中断するとともに、吸光物質低減装置Rにより空間33b（光路空間LS）の吸光物質の濃度を低減させる。そして、前述した手順と同じように空間33b（光路空間LS）の吸光物質の濃度を検出する。この検出結果の濃度が所定値以下であると判断された場合、制御部9は基板Wに対するマスクMのパターンの像の転写を再び開始する。

【0112】一方、吸光物質の濃度が所定値以下であると判断されている間は、パターンの像の転写は継続される。なお、空間33bの吸光物質の濃度検出は、露光装置が稼働中、継続して行ってもよいし、所定時間経過毎に行ってもよい。

【0113】このように、制御部9は算出部100の算出結果である吸光物質の濃度に基づいてパターンの像の転写を行うか否かを判断するとともに、光源21から射出される露光光ELや照射部200から射出される光線Bのオンオフを制御するようになっている。

【0114】以上のように、吸光物質の濃度検出用の光線Bを露光光ELの光路を横断するように照射することによって、パターンの像の転写と吸光物質の濃度検出とを同時にを行うことができる。したがって、生産性・作業性は向上される。

【0115】さらに、露光光ELの光路を横断するように照射される光線Bを露光光ELの光軸AX方向に沿う所定間隔位置においてそれぞれ照射し、それぞれの光線Bの強度に関する情報を計測することによって、これら各位置における吸光物質の濃度を検出することができるのである。

【0116】つまり、図5においては、照射部200と計測器301とを備えた検出装置は投影光学系3の空間33bに対応した位置に設置されてこの空間33bの吸光物質の濃度を検出するようになっているが、各空間33a～33cに対応する位置に照射部200及び計測器301をそれぞれ設けることによって各空間33a～33c内の吸光物質の濃度を個別に検出することができる。また、照射部200及び検出器301を備えた検出装置は投影光学系3に限らず光路空間ELの任意の位置に設置可能であることはもちろんである。例えば、前記

検出装置は照明光学系2、マスク室5、基板室6など、吸光物質の濃度を検出したい箇所に任意に設置可能である。

【0117】このとき、所定の空間に対してのみ、吸光物質を低減させる作業を施すことができる。例えば、ある空間（例えば空間33a）のみの吸光物質の濃度が高い場合には、その空間に対してのみ吸光物質低減装置Rによって吸光物質を低減させる作業を行うことができる。このように、吸光物質を低減させる作業を最低限に抑えることができるので、作業性は向上する。

【0118】また、算出部100は、光路空間LSに照射される光線Bのうち、リファレンスとして入射位置における強度と光路空間LSを通過後の強度とを計測し、これら各強度を比較することによって吸光物質の濃度の求めるようになっているので、透過窓など計測対象でない吸光物質の影響は相殺される。したがって、吸光物質の濃度の検出はより高精度に行われる。

【0119】一方、図7に示すように、光線Bの光路空間LSに対する入射位置の強度を求めずに吸光物質の濃度を求めることが可能である。この場合の吸光物質の濃度は第1実施形態に示したような手順で検出可能である。すなわち、所定状態における光路空間LSを通過した光線Bの強度を予め求め、この求めた値と計測器201の計測結果とを比較することによって吸光物質の濃度を求めることができる。このような構成は通過前計測器202を設ける必要が無く、機器の数を低減させることができるので、装置全体の低コスト化、簡素化を実現することができる。

【0120】《第5実施形態》次に、図8を用いて本発明の第5実施形態について説明する。図8に示す露光装置1Eは第4実施形態の変形例であり、露光光ELの光路空間LSに光線Bを照射する照射部300と、この光路空間LSを通過した光線Bの強度に関する情報を計測する計測器301と、この計測器301の計測結果に基づき、光路空間LS内の吸光物質の濃度を求める算出部100とを備えている。このとき、光線Bは、第4実施形態と同様に、露光光ELの光路を横断するように照射される。

【0121】照射部300は、光線Bを異なる光路で照射するように複数（図8では3つ）設けられているとともに、計測器301は各照射部300からの光線Bに対応して複数（図8では6つ）設けられ、算出部100は複数の計測器301のそれぞれの計測結果に基づいて光路空間LS内の吸光物質の濃度及び分布を求めるようになっている。

【0122】すなわち、照射部300は光路空間LSの外部（例えば投影系ハウジング30外部）にほぼ等間隔に複数設けられており、光線Bはこれら各照射部300から独立して光路空間LSに射出される。一方、計測器301は各照射部300から射出される光線Bを計測可

能な位置に複数設けられている。この場合、各照射部300の数と計測器301の数とは一致していても異なっていてもよい。さらに、照射部300及び計測器301の設置位置は、照明系ハウジング20、マスク室5、投影系ハウジング30、基板室6のいずれでもよい。

【0123】このように、光路空間LSに向かって光線Bを異なる光路で照射するとともにこの光路空間LSを通過後の光線Bのそれぞれの照度を計測することにより、光線Bのそれぞれの光路上における吸光物質の濃度を検出することができる。したがって、光路空間LSにおける吸光物質の濃度とともに分布を求めることができる。この場合、光線Bの光路を増やす（すなわち、照射部300及び計測器301の数を増やす）ことにより吸光物質の分布はより精度良く求められる。

【0124】算出部100は各計測器301の計測信号に基づき投影光学系3内のうち各光線Bが通過する部分の吸光物質の濃度を算出する。このとき、複数の異なった光路を有する光線Bによって空間内における吸光物質の濃度及び分布が求められる。制御部9にはマスクMのパターンの像を基板Wに正常に転写できる状態の吸光物質の濃度及び分布の情報が記憶されており、制御部9はこの情報と算出部100の算出結果とを比較し、吸光物質の濃度及び分布が適正な転写を行える状態にあるか否かを判断する。

【0125】制御部9によって適正な転写を行える状態であると判断された場合にはパターンの像の転写が行われ、不適正な転写状態になると予測されると判断された場合には吸光物質低減装置Rにより吸光物質を低減する。

【0126】このように、光線Bを異なる光路で複数照射するとともに、これら各光線Bの強度に関する情報を計測することによって、空間における吸光物質の濃度及び分布を検出することができる。

【0127】なおこの場合、各光線Bに対して空間を通過する前の光線Bの強度に関する情報を計測する通過前計測器を設け、光線Bの空間への入射位置におけるリファレンスとしての強度と空間を通過後の強度とを計測しこれら各強度を比較することによって、吸光物質の濃度及び分布の検出はより高精度に行われる。

【0128】各照射部300及び各計測器301を、露光光ELの光軸AX方向に沿う所定間隔位置に設けることによって、この位置に対応する空間の吸光物質の濃度及び分布を個別に検出することができる。この場合、吸光物質の濃度及び分布を低減させる作業は、濃度及び分布が異常値を示す空間に対してのみ行えばよいなど、作業性を向上させることができる。

【0129】また、複数の異なる光路を有する光線Bを生成する方法として、図9に示すように、照射部400から照射される光線Bを空間内においてそれぞれ異なる光路で往復させる反射板402を備える構成とすること

も可能である。この場合、照射部400の設置数を低減させることができ、装置全体の低コスト化、簡素化を実現することができる。

【0130】《検出用光線》ところで、吸光物質の濃度検出用の光線Bとして広い吸光波長域を備える真空紫外線光を用いることにより、空間中に存在する全ての吸光物質による吸光を計測することができるが、空間に存在する複数の吸光物質の個々の濃度を検出することは困難である。この場合、空間に波長域の異なる複数の光線Bを照射し、それぞれの光線Bの強度に関する情報を計測し、この計測結果に基づいて空間に存在する複数の吸光物質のそれぞれの濃度を検出する。

【0131】例えば、水銀ランプや重水素ランプなどにおいては真空紫外域に複数の輝線を発するものがある。この場合、これら輝線のうち複数の輝線を用いて第1～第5実施形態に示したものとを実現する。着目する複数の吸光物質の分子毎に吸光断面積が卓越した波長域における輝線を選定するようにする。

【0132】F2レーザー光を用いた露光装置では酸素分子と水分子による吸光が大きいが、これらの分子の吸光が卓越している波長域は異なっている。具体的には、170nm近傍では水分子の吸光断面積は酸素分子の吸光断面積の10倍程度であり145nm近傍における酸素分子の吸光断面積は水分子の吸光断面積の15倍程度である。これらの違いを利用してそれぞれの輝線による吸光の計測結果からそれぞれの分子の濃度を検出することができる。

【0133】酸素分子は空気中に最も大量に存在するF2レーザー光を吸収する物質である。したがって、酸素分子の濃度が高いということは露光に先立つガス置換（初期ガス置換）が不十分であるということを示している。したがって、光路空間LSに存在する空気（吸光物質）を低減させる作業が必要である。一方、水分子は構造部材からの脱離ガスとして支配的な物質であり、水分子の濃度が高い場合には特定ガスの流量を増やすなどして水分子の濃度を低減させる作業を行う必要がある。

【0134】このように、吸光を支配する物質を特定することで光路空間LS中における吸光物質の濃度上昇の原因を突き止めることができるので、適切な対策を行なうことができる。したがって、作業性は向上されるとともに適正な露光環境を迅速に実現することができる。

【0135】第3～第5実施形態において、吸光物質の検出用光線Bとして、可視光、近赤外線光、あるいはマイクロ波のいずれかを用いることにより、空間を通過後の光線Bの強度に関する情報をスペクトルを検出する

ことによって複数の吸光物質のそれぞれの種類の濃度を求めることができる。

【0136】例えば、可視光領域や近赤外線領域には分子中の外殻電子の励起によるエネルギー準位が存在し、赤外線領域やマイクロ波領域では分子の振動・回転によるエネルギー準位が存在する。これらはいずれも分子に固有な波長の光を吸収する。例えば、酸素分子であれば764nm近傍に電子レベルの遷移によるエネルギー準位があり、水分子であれば1310nm近傍の広い領域にわたって分子回転によるエネルギー準位がある。

【0137】前記の分子に固有なエネルギー準位による吸収を利用して、光路空間LS内に存在する複数の吸光物質のうち着目する吸光物質の種類毎の濃度を検出することができる。これによって、光路空間LS内の吸光物質を同定することができる。

【0138】また、複数の波長の光を用いることで複数の分子の濃度を検出することが可能であり、これによって吸光物質の濃度上昇の原因を特定することが可能となる。なお、光源(照射部)としては種々のものが考えられるが、直進性を考慮した場合、レーザー光が有効である。例えば、半導体レーザーやヨウ素レーザーなどでは発振レーザー波長が可変であり、これによれば1台の光源(照射部)で複数種類の分子による吸光を検出することができる。吸光量が不十分な場合においては、第5実施形態に示したように、光路空間LSに光線Bを複数の異なる光路で照射することにより、検出感度は上昇される。

【0139】以上のように、本発明によれば、空間内に光線を照射し、この空間を通過後の光線の強度に関する情報を計測することによって、空間内の吸光物質の濃度及び分布(濃度不均一性)は高い応答速度で正確に検出される。つまり、応答性の低い化学反応を利用した濃度センサを用いる必要が無いので、生産性及び作業性は向上される。

【0140】上述したいすれの実施形態においても吸光物質を低減させる作業が必要であり、その手段としては減圧やガスフローなどが挙げられる。このとき、従来のような化学反応を利用した濃度センサでは構造上減圧に対応していないものやセンサへガスを取り込むためのフローが必要となるなど制約が多かった。しかしながら、本発明によれば、光路空間LSの内圧やガスフローの有無にかかわらずあらゆるバージ方法において有効である。したがって、様々な機器に対応することができる。

【0141】なお、第3実施形態において、照射部90を複数設置してその位置を変更したり光線Bの照射方向を変更して吸光物質の濃度及び分布の安定した検出が実現される。計測器10を、露光光ELの光路上の複数箇所に該光路に対して出入り可能に設けてもよい。この構成によれば、各箇所における光線の強度に関する情報を計測することができる。

【0142】照明光学系2、マスク室5、投影光学系3、基板室6など、光路空間LSの各部分によって吸光物質の濃度の所定値(基準値)は異なる。この場合、一般的に照明光学系2及び投影光学系3における吸光物質の濃度の基準値は厳しく設定されている。このとき、本発明により各部分における吸光物質の検出は迅速且つ容易に行えるので、各部分の吸光物質の濃度をモニターしながらそれぞれの所定値を満足するように吸光物質の低減作業の重みを設定すればよい。したがって、作業性は向上される。

【0143】第1、第2実施形態のように、吸光物質の濃度検出用の光線として露光光ELを用いる場合、露光によって光源21は劣化するが、この光源21の劣化による照度低下は、例えば光源21の直後に照度計を設けることにより検出することができる。そして、この照度計によって求められた光源21の照度低下の情報に基づいて計測器10の計測結果を補正することにより吸光物質の濃度及び分布の検出は安定する。

【0144】なお、光学部材等に付着している吸光物質(酸素や水分子など)は、露光光ELが照射されることによって分解される性質を有する。したがって、これらの光学部材に所定時間露光光ELを照射してから吸光物質の濃度検出を行うことにより、空間内の吸光物質の濃度検出はより正確になる。一方、光学部材に付着している吸光物質の量を予め同定し、この光学部材に付着した吸光物質の分を差し引いてから吸光物質の濃度検出を行うことももちろん可能である。

【0145】本発明に係る基板Wとしては、半導体デバイス用の半導体ウェーハのみならず、薄膜磁気ヘッド用のセラミックウェーハや、液晶表示デバイス用のガラスプレートであってもよい。

【0146】露光装置としては、マスクMと基板Wとを静止した状態でマスクMのパターンを露光し、基板Wを順次ステップ移動させるステップ・アンド・リピート方式の露光装置(ステッパー)に限らず、マスクMと基板Wとを同期移動してマスクMのパターンを基板Wに露光するステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置(スキャニング・ステッパー)にも適用することができる。

【0147】露光装置の種類としては、上記半導体ウェーハ製造用のみならず、薄膜磁気ヘッド製造用の露光装置や、液晶表示デバイス製造用の露光装置、撮像素子(CCD)あるいはマスクMなどを製造するための露光装置などにも広く適用できる。

【0148】照明光学系2の光源21として、水銀ランプから発生する輝線(g線(436nm)、h線(404.7nm)、i線(365nm))、KrFエキシマーレーザ(248nm)や、X線や電子線などの荷電粒子線などを用いることができる。例えば、電子線を用いる場合には、電子銃として熱電子放射型のランタンヘキサ

ボライト (LaB6) 、タンタル (Ta) を用いることができる。また、YAGレーザや半導体レーザなどの高周波などを用いてもよい。

【0149】投影光学系3の倍率は、縮小系のみならず、等倍系および拡大系のいずれでもよい。

【0150】また、投影光学系3としては、エキシマレーザなどの遠紫外線を用いる場合は硝材として石英や萤石などの遠紫外線を透過する材料を用い、F2レーザやX線を用いる場合は反射屈折系または屈折系の光学系にし (マスクMも反射型タイプのものを用いる) 、また電子銃を用いる場合には光学系として電子レンズおよび偏向器からなる電子光学系を用いればよい。なお、電子線が通過する光路は真空状態にすることはいうまでもない。

【0151】なお、基板室外部、すなわち光透過窓より外部の測長ビームの光路部分を、両端に光透過窓が設けられた容器で覆い、この容器の内部のガスの温度、圧力等を制御するようにしてよい。あるいは、この容器内部を真空にしてもよい。これにより、その外部の光路上の空気揺らぎに起因する測長誤差を低減することができる。かかる詳細は、例えば特開平10-105241号公報等に開示されている。

【0152】基板ステージやマスクステージにリニアモータを用いる場合には、エアペアリングを用いたエア浮上型およびローレンツ力またはリアクタンス力を用いた磁気浮上型のどちらを用いてもよい。また、基板ステージ、マスクステージは、ガイドに沿って移動するタイプでもよく、ガイドを設けないガイドレスタイプであってもよい。

【0153】ステージの駆動装置として平面モータを用いる場合、磁石ユニット (永久磁石) と電機子ユニットのいずれか一方をステージに接続し、磁石ユニットと電機子ユニットの他方をステージの移動面側 (ベース) に設ければよい。

【0154】なお、レーザー干渉計用の参照鏡 (固定鏡) を投影光学系に固定し、これを基準としてX移動鏡、Y移動鏡の位置を計測することも比較的多く行われるが、かかる場合には、参照ビームと測長ビームとを分離する偏光ビームスプリッタ (プリズム) より先の光学素子を基板室内部に収納し、レーザー光源、ディテクタ等を基板室外に配置するようにしてよい。

【0155】基板ステージの移動により発生する反力は、特開平8-166475号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床 (大地) に逃がしてもよい。本発明は、このような構造を備えた露光装置においても適用可能である。

【0156】マスクステージの移動により発生する反力は、特開平8-330224号公報に記載されているように、フレーム部材を用いて機械的に床 (大地) に逃がしてもよい。本発明はこのような構造を備えた露光装置

においても適用可能である。

【0157】以上のように、本願実施形態の露光装置は、本願特許請求の範囲に挙げられた各構成要素を含む各種サブシステムを、所定の機械的精度、電気的精度、光学的精度を保つように、組み立てることで製造される。これら各種精度を確保するために、この組み立ての前後には、各種光学系については光学的精度を達成するための調整、各種機械系については機械的精度を達成するための調整、各種電気系については電気的精度を達成するための調整が行われる。各種サブシステムから露光装置への組み立て工程は、各種サブシステム相互の、機械的接続、電気回路の配線接続、気圧回路の配管接続等が含まれる。この各種サブシステムから露光装置への組み立て工程の前に、各サブシステム個々の組み立て工程があることはいうまでもない。各種サブシステムの露光装置への組み立て工程が終了したら、総合調整が行われ、露光装置全体としての各種精度が確保される。なお、露光装置の製造は温度およびクリーン度等が管理されたクリーンルームで行なうことが望ましい。

【0158】半導体デバイスは、図10に示すように、デバイスの機能・性能設計を行うステップ201、この設計ステップに基づいたマスクを製作するステップ202、シリコン材料から基板 (ウェーハ) を製造するステップ203、前述した実施形態の露光装置によりマスクのパターンを基板に露光する基板処理ステップ204、デバイス組み立てステップ (ダイシング工程、ボンディング工程、パッケージ工程を含む) 205、検査ステップ206等を経て製造される。

【0159】

【発明の効果】本発明の吸光物質検出方法、並びに露光方法及び装置は以下のような効果を有するものである。

【0160】本発明の吸光物質検出方法によれば、空間内の吸光物質の濃度は空間を通過後の光線の強度に関する情報の計測結果に基づいて検出することができ、短時間で効率良く行われる。また、異なる光路で複数の光線を照射するとともに、それぞれの光線の強度に関する情報を計測することにより、この計測結果に基づいて前記空間内の吸光物質の分布を求めることができる。空間に光線として、波長域の異なる複数の光線を照射し、それぞれの光線の強度に関する情報を計測することにより、この計測結果に基づいて前記空間に存在する複数の吸光物質のそれぞれの濃度を検出することができる。これによって、空間の吸光物質の濃度上昇の原因を特定することが容易となる。

【0161】本発明の露光方法及び露光装置によれば、吸光物質の濃度の検出が、光路空間に光線を照射するとともにこの光路空間を通過後の光線の強度に関する情報に基づいて行われるので、光路空間の状態を把握しつつ露光処理を行うことが可能である。したがって、生産性及び作業性は向上される。例えば、吸光物質の所定値以

上の濃度を検出した場合、パターンの像の転写を停止するとともに、光路空間内における吸光物質の濃度を低減させる作業を行い、光路空間内における吸光物質の濃度が所定値以下になった後、パターンの像の転写を開始することによって、パターンの像の転写は適切な状態で行うことができる。また、パターンの像を転写中に強度に関する情報を計測することも可能である。

## 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の吸光物質の検出装置を備えた露光装置の第1実施形態を示す構成図である。

【図2】吸光物質低減装置を説明するための図である。

【図3】本発明の吸光物質の検出装置を備えた露光装置の第2実施形態を示す構成図である。

【図4】本発明の吸光物質の検出装置を備えた露光装置の第3実施形態を示す構成図である。

【図5】本発明の吸光物質の検出装置を備えた露光装置の第4実施形態を示す構成図である。

【図6】本発明の吸光物質の検出装置を備えた露光装置の第4実施形態を示す構成図である。

【図7】本発明の吸光物質の検出装置を備えた露光装置の第4実施形態の他の例を示す構成図である。

【図8】本発明の吸光物質の検出装置を備えた露光装置の第5実施形態を示す構成図である。

\* 【図9】本発明の吸光物質の検出装置を備えた露光装置の第5実施形態の他の例を示す構成図である。

【図10】半導体デバイスの製造工程の一例を示すフローチャート図である。

## 【符号の説明】

1 A～1 E 露光装置

2 照明光学系

3 投影光学系

4 ブラインド部

10 5 マスク室

6 基板室

9 制御部（制御系）

10、201、301、401 計測器

21 光源（照射部）

90、200、300、400 照射部

100 算出部

402 反射板

B 光線

M マスク

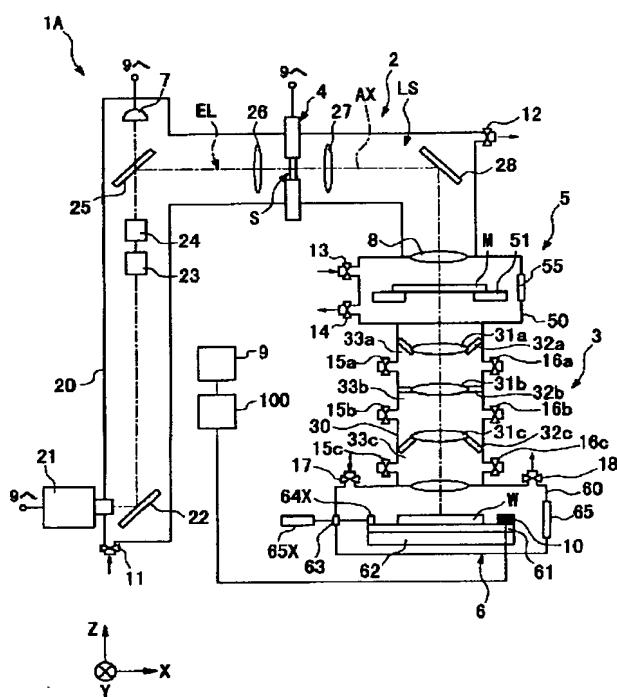
W 基板

LS 光路空間（空間）

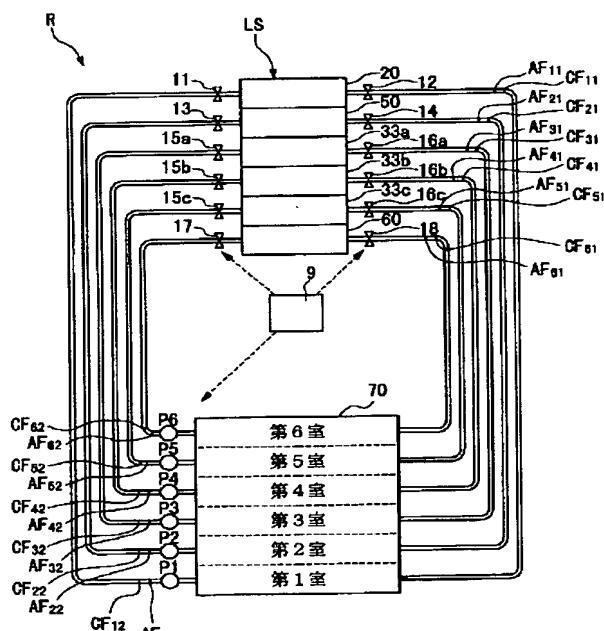
EL 露光光（光線）

\*

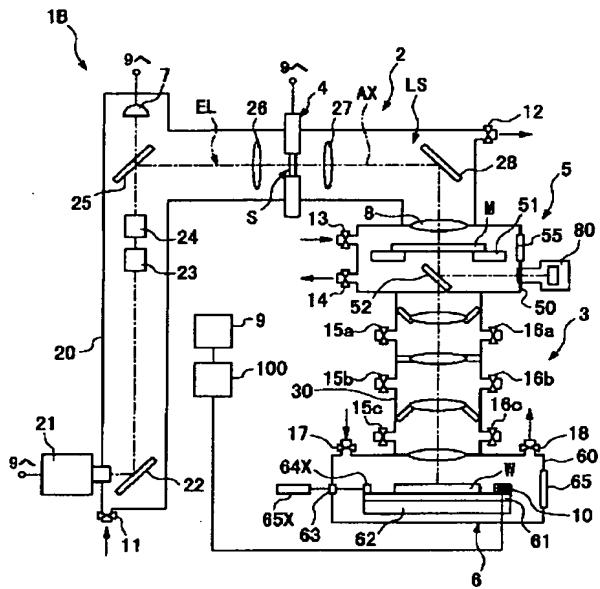
【図1】



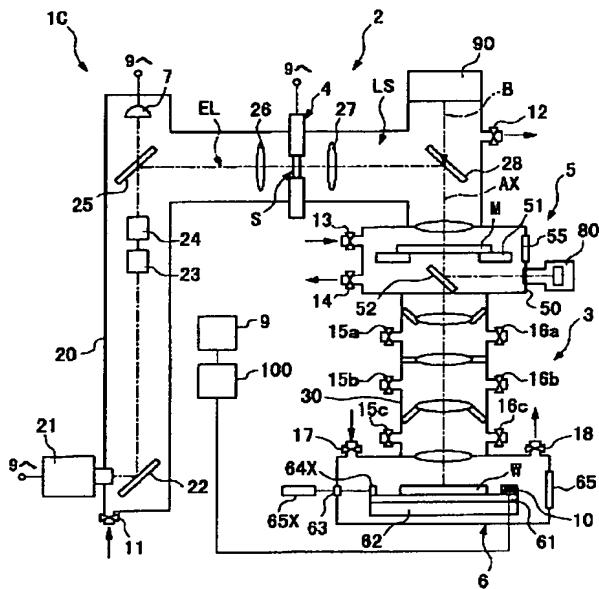
【図2】



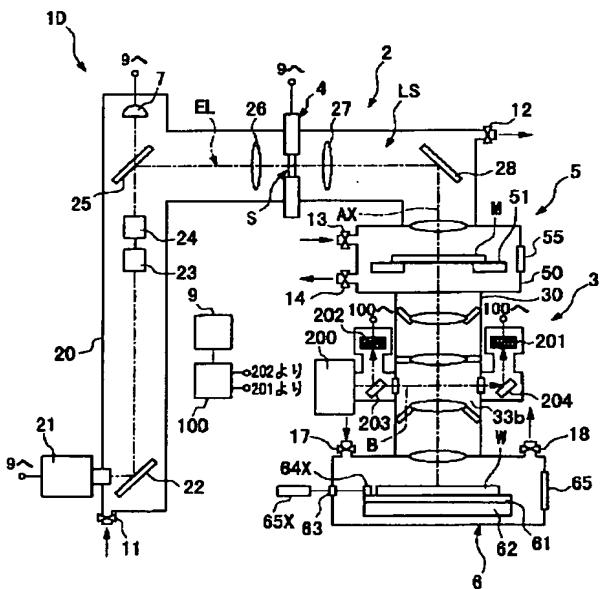
【図3】



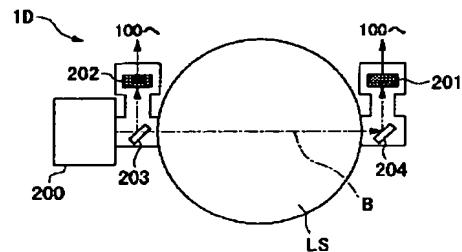
[図4]



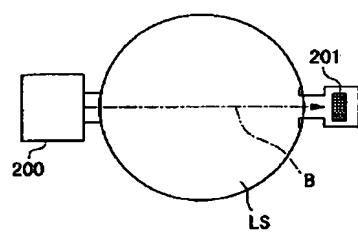
【図5】



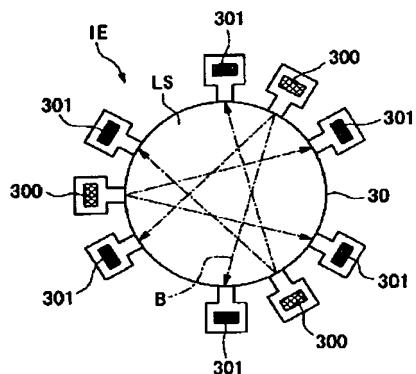
[図6]



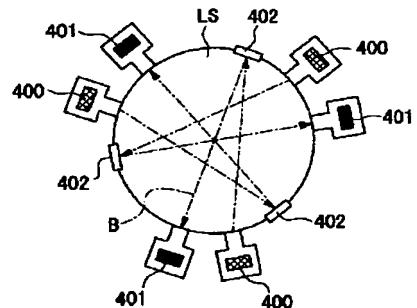
【図7】



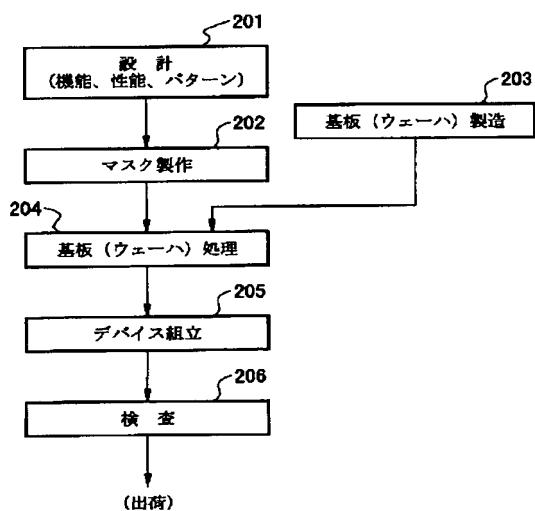
【図8】



【図9】



【図10】




---

フロントページの続き

F ターム(参考) 2G059 AA01 AA05 BB01 CC20 DD13  
 EE01 FF06 GG01 GG07 GG08  
 GG10 HH03 JJ02 JJ11 JJ12  
 JJ13 JJ22 KK01 KK04 MM05  
 MM10  
 5F046 AA22 BA05 CA04 CA08 CB20  
 CB21 DA01 DA02 DA27 DA30  
 DB01 DB11 DC02 DC12